

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
07 mars 2019 (07.03.2019)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/042636 A1

(51) Classification internationale des brevets :

G01R 31/36 (2006.01) G01R 31/02 (2006.01)

G01R 31/04 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2018/068565

(22) Date de dépôt international :

09 juillet 2018 (09.07.2018)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1758138

04 septembre 2017 (04.09.2017) FR

(71) Déposants : RENAULT S.A.S [FR/FR] ; 13-15 quai
Le Gallo, 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT (FR).

NISSAN MOTOR CO. LTD. [JP/JP] ; 2 Takara-cho, Ka-
nagawa-ku Yokohama-Shi, KANAGAWA, 221-0023 (JP).

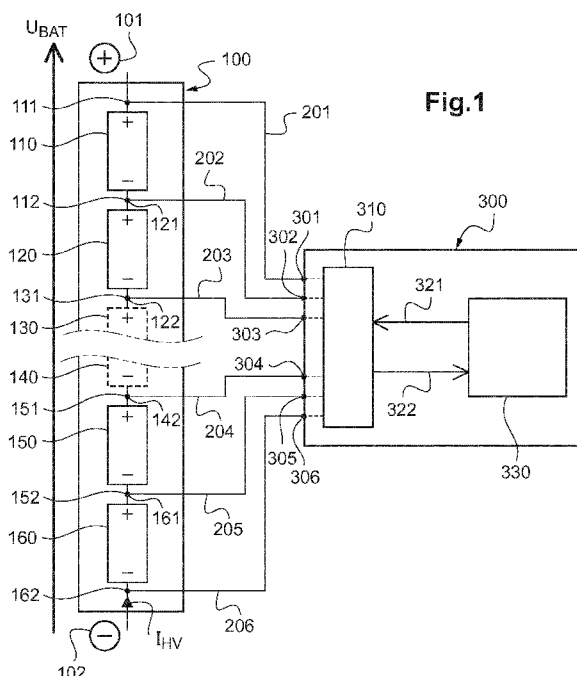
(72) Inventeur : MALRIEU, Julien ; 1 clos Léman, 78280
GUYANCOURT (FR).

(74) Mandataire : RENAULT S.A.S. ; Bernard ROUGE-
MONT - 1 avenue du golf Sce 00267 - TCR GRA 2 36,
78084 GUYANCOURT CEDEX (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE STATE OF AN ELECTRICAL LINE LINKING A BATTERY CELL TO A MONI-
TORING UNIT, AND CORRESPONDING MONITORING UNIT

(54) Titre : PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION DE L'ÉTAT D'UNE LIGNE ÉLECTRIQUE RELIANT UNE CELLULE DE
BATTERIE D'ACCUMULATEURS À UNE UNITÉ DE CONTRÔLE ET UNITÉ DE CONTRÔLE CORRESPONDANTE



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the state of an electrical line (202, 203) linking a battery cell (120) to an electronic unit (300), the line comprising a first electrical branch (202) connecting a positive terminal (121) of the cell to a first input terminal (302) of the unit and a second electrical branch (203) connecting a negative terminal (122) of the cell to a second input terminal (303) of the unit, including a step of calculating a resistance ($R_{l,n}$) of the line and a step of determining the state of the line according to the calculated resistance. The invention also relates to a method for providing an alert with regard to the state of said line. The invention relates lastly to a unit for monitoring the states of charge of battery cells and to a system for a motor vehicle including such a unit.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de détermination de l'état d'une ligne électrique (202, 203) reliant une cellule (120) de batterie à une unité électronique (300), la ligne comprenant une première branche électrique (202) connectant une borne positive (121) de la cellule à une première borne d'entrée (302) de l'unité et une deuxième branche électrique (203) connectant une borne négative (122) de la cellule à une deuxième borne d'entrée (303) de l'unité, comportant une étape de calcul d'une valeur ($R_{l,n}$) de résistance de la ligne et une étape de détermination de l'état de la ligne en fonction de la valeur de résistance calculée. L'invention concerne également un procédé d'alerte sur l'état de ladite ligne. L'invention concerne enfin une unité de contrôle des

PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Procédé de détermination de l'état d'une ligne électrique reliant une cellule de batterie d'accumulateurs à une unité de contrôle et unité de contrôle correspondante

DOMAINE TECHNIQUE AUQUEL SE RAPPORTE L'INVENTION

La présente invention concerne de manière générale le domaine des
5 batteries d'accumulateurs.

Elle concerne plus particulièrement le domaine de la gestion électrique des cellules d'une batterie d'accumulateurs.

Elle concerne en particulier un procédé de détermination de l'état d'une ligne électrique reliant une cellule d'une batterie d'accumulateurs à une unité de
10 contrôle de ladite batterie d'accumulateurs.

Elle concerne également un procédé d'alerte sur l'état de ladite ligne.

Elle concerne enfin une unité de contrôle des états de charge des cellules d'une batterie d'accumulateurs ainsi qu'un système pour véhicule automobile comportant une telle unité.

15 ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

La gestion des états de charge (« *States of Charge* » ou SoC en anglais) des cellules électro-chimiques d'une batterie d'accumulateurs, par exemple les batteries au lithium de type lithium-ion (« *Li-Ion* »), est rendue nécessaire afin de faire fonctionner ladite batterie dans son domaine de sécurité, en particulier pour
20 éviter les sur-tensions ou sous-tensions aux bornes des cellules électriques.

Pour cela, la tension électrique entre les bornes positive et négative de chaque cellule doit être contrôlée régulièrement, que la batterie soit en état de charge ou de décharge, ou bien au repos (batterie plus ou moins chargée mais ne débitant aucun courant).

25 La mesure de la tension aux bornes desdites cellules est soumise à de fortes contraintes de sécurité (surveillance des sur-tensions ou sous-tensions) et de performance (précision de mesure de l'état de charge).

Généralement, le contrôle des cellules de la batterie se fait au moyen d'une unité électronique qui est reliée à chaque cellule par une ligne électrique, chaque ligne électrique comportant deux branches électriques reliant les deux
30 bornes de chaque cellule à deux bornes d'entrée de l'unité électronique.

En particulier, on connaît des unités électroniques, dites d'équilibrage (« *battery management system* » ou BMS en anglais), qui permettent de faire fonctionner de manière optimale une batterie d'accumulateurs en égalisant les

états de charge électrique de l'ensemble des cellules électriques d'une batterie d'accumulateurs, que la batterie fonctionne (en charge ou en décharge), ou non.

Lorsque les lignes électriques sont longues (par ex. : unité de contrôle implantée loin de la batterie) ou bien lorsque l'état de ces lignes (*i.e.* de ses branches électriques) peut se dégrader, il est nécessaire de déterminer la

5 résistance de ligne de chaque ligne électrique.

Par « *résistance* » de ligne, on entend la partie réelle de l'impédance de la ligne électrique, cette impédance étant une grandeur complexe au sens mathématique du terme (*i.e.* avec une partie réelle et une partie imaginaire). La

10 valeur de la résistance de ligne se mesure en ohms (symbole Ω).

Par exemple, une simple dégradation de contact au niveau du câblage entre l'une des branches électriques et l'une des bornes de la cellule peut impacter sérieusement à la hausse la résistance de la ligne de sorte que les mesures de tensions effectuées par l'unité de contrôle sont faussées.

En conséquence, si la ligne électrique est défaillante et présente par exemple une résistance de ligne trop importante, le pilotage de l'équilibrage des cellules peut conduire à un fonctionnement non optimal de la batterie, par exemple une diminution de son autonomie).

15

De plus, si les mesures de tensions effectuées par l'unité de contrôle sont faussées, alors les fonctions de diagnostic embarqué peuvent être également faussées, provoquant de fausses remontées de diagnostic vers l'unité électronique. Dans le cas d'un équilibrage actif des cellules, ceci pourrait par exemple entraîner une mauvaise compensation de tension d'équilibrage.

20

OBJET DE L'INVENTION

Afin de remédier à l'inconvénient précité de l'état de la technique, la présente invention propose un procédé de détermination de l'état d'une ligne électrique permettant de détecter si l'une des lignes électriques est défaillante ou non.

25

Plus particulièrement, on propose selon l'invention un procédé de détermination de l'état d'une ligne électrique reliant une cellule d'une batterie d'accumulateurs à une unité de contrôle de ladite batterie d'accumulateurs, ladite ligne électrique comprenant une première branche électrique connectant une borne positive de ladite cellule à une première borne d'entrée de ladite unité de contrôle et une deuxième branche électrique connectant une borne négative de

30

ladite cellule à une deuxième borne d'entrée de ladite unité de contrôle, ledit procédé comportant :

- une étape de calcul d'une valeur de résistance de ligne de ladite ligne électrique ; et
- 5 - une étape de détermination de l'état de ladite ligne électrique en fonction de ladite valeur de résistance de ligne calculée.

Ainsi, en déterminant, à chaque cycle d'utilisation de la batterie, l'état de la ligne électrique, on peut détecter si une ligne électrique (*i.e.* une cellule) est défaillante et doit être déconnectée pour préserver la sécurité et l'efficacité de
10 fonctionnement de la batterie d'accumulateurs et pour désactiver les fonctions de diagnostic embarquées qui pourraient être impactées.

Au sens de l'invention, on entend que la résistance de ligne est la somme des résistances (*i.e.* des parties réelles des impédances) de la première branche électrique et de la deuxième branche électrique qui forment ladite ligne
15 électrique.

Avantageusement, ladite étape de calcul de la valeur de résistance de ligne comprend :

- une première sous-étape de mesure, à un premier instant de mesure lorsque ladite cellule de batterie d'accumulateurs n'est pas en charge ou en
20 décharge, d'une première valeur de tension en circuit ouvert entre lesdites première et deuxième bornes d'entrée ;
- une sous-étape de fermeture au cours de laquelle l'unité de contrôle connecte lesdites première et deuxième bornes d'entrée par une branche électrique résistive dont la valeur de résistance électrique est prédéterminée ;
- 25 - une deuxième sous-étape de mesure, à un deuxième instant de mesure séparé dudit premier instant de mesure par une durée comprise entre une durée minimale et une durée maximale prédéterminées, d'une deuxième valeur de tension en circuit fermé entre lesdites première et deuxième bornes d'entrée ; et
- une sous-étape d'estimation de ladite valeur de résistance de ligne
30 de ladite ligne électrique en fonction de ladite valeur de résistance électrique prédéterminée et desdites première et deuxième valeurs de tension mesurées.

Ainsi, grâce à l'unité de contrôle qui peut ouvrir et fermer le circuit électrique entre les deux bornes d'entrée associées à une cellule particulière, il est possible de faire deux mesures de tension à ces bornes d'entrée en circuit ouvert

ou bien en circuit fermé sur une résistance connue, de sorte qu'on peut en déduire la valeur de la résistance de ligne de cette ligne électrique et déterminer l'état de celle-ci.

De préférence, lors de la sous-étape de fermeture (B2), chaque branche
5 électrique résistive est une branche électrique d'équilibrage d'une cellule.

De préférence encore, ladite durée minimale est prédéterminée pour que ladite deuxième sous-étape de mesure soit réalisée en régime électrique statique.

Par régime électrique statique, on entend le régime électrique qui s'établit après un régime transitoire provoqué par des variations brutales de
10 tensions ou de courants.

Afin de réaliser la deuxième sous-étape en régime électrique statique, on peut envisager de faire la mesure de tension en circuit fermé aux bornes d'entrée de l'unité de contrôle avec un appareil de mesure de tension ayant un filtre passe-bas en entrée, par exemple un simple circuit diviseur du premier ordre avec
15 une résistance (de valeur R en ohms) et un condensateur (de capacité C en farads), dit « *filtre RC* », dont la fréquence de coupure (en hertz ou s^{-1}), notée f_c , est égale à $1/(2\pi RC)$.

En d'autres termes, on considérera que la deuxième sous-étape est réalisée en régime électrique statique si l'intervalle entre le premier instant et le
20 deuxième instant de mesure est supérieur à 5 fois $2\pi RC$, soit $10\pi RC$. En pratique, cet intervalle est de l'ordre de quelques millisecondes (ms), par exemple compris entre 1 et 100 ms, de préférence inférieur à 10 ms.

De préférence encore, ladite durée maximale est prédéterminée de telle sorte que la valeur de tension entre lesdites bornes positive et négative de ladite
25 cellule ne varie pas de plus de 1% en valeur absolue entre la première sous-étape de mesure et la deuxième sous-étape de mesure.

Dit autrement, la mesure de la tension en circuit fermé est réalisée suffisamment tôt pour que l'on puisse négliger la variation de la charge électrique entre les première et deuxième sous-étapes de mesure. De cette façon, la tension
30 électrique entre les bornes positive et négative de la cellule considérée reste quasiment constante (à 1% près au maximum) entre les deux mesures.

Dans un mode de réalisation particulier, le procédé de détermination comporte une étape de comparaison de la valeur de résistance de ligne calculée avec une valeur seuil de résistance électrique, et à l'étape de détermination, l'état

de ladite ligne électrique est déterminé en fonction du résultat de ladite comparaison.

En pratique, la ligne électrique reliant ladite cellule à l'unité de contrôle sera déterminée comme étant défailante si la valeur de résistance de ligne
5 calculée est supérieure à la valeur seuil de résistance électrique, qui est donc une valeur seuil maximale à ne pas dépasser.

À l'inverse, si la valeur de résistance de ligne calculée est inférieure à la valeur seuil de résistance électrique, alors cela signifie que ladite ligne électrique est correcte, en particulier que les branchements entre la cellule et l'unité sont peu
10 impactants sur le processus de contrôle des cellules de la batterie.

Avantageusement, le procédé de détermination comporte en outre une étape de mesure d'une température représentative de la température environnant ladite ligne électrique, et ladite valeur seuil de résistance électrique est prédéterminée en fonction de cette température représentative.

Ceci permet d'améliorer la précision des mesures de tensions dans la mesure où, d'une part, la résistance de ligne recherchée, et, d'autre part, la résistance interne de la cellule considérée, varient en fonction de la température environnant la ligne électrique. Généralement, la variation d'une résistance interne d'une cellule est inversement proportionnelle à la variation de température, alors
15 que la résistance de ligne a plutôt tendance à augmenter lorsque la température augmente.

En pratique, la température environnant la ligne électrique varie dans une plage de température où la résistance interne de chaque cellule est très inférieure à la résistance de ligne.

L'invention propose également un procédé de pilotage d'une cellule de batterie d'accumulateurs par une unité de contrôle, une ligne électrique reliant ladite cellule de batterie d'accumulateurs à ladite unité de contrôle de ladite batterie d'accumulateurs, ladite ligne électrique (201, 202, 203, 204, 205, 206) comprenant une première branche électrique connectant une borne positive de
25 ladite cellule et une première borne d'entrée de ladite unité de contrôle et une deuxième branche électrique connectant une borne négative de ladite cellule et une deuxième borne d'entrée de ladite unité de contrôle, ledit procédé de pilotage comportant :

- une étape de détermination de l'état de ladite ligne électrique en

utilisant un procédé de détermination tel que précité; et

- si la valeur de résistance de ligne de ladite ligne électrique est supérieure à ladite valeur seuil de résistance électrique, une étape de désactivation des fonctions de diagnostic impactées par le changement de la
- 5 valeur de la résistance de ligne de ladite ligne électrique.

En effet, une valeur de résistance de ligne trop élevée peut être le signe d'un défaut de raccordement ou bien d'une dégradation de contact de ladite ligne électrique. Dans ce cas, lors de l'équilibrage de la cellule, il est probable que les mesures de tension aux bornes de cette cellule lorsque celle-ci fonctionnera

10 seront faussées, conduisant alors à une mauvaise compensation d'erreur de mesure durant l'équilibrage des cellules ou une mauvaise remontée de diagnostics embarqués utilisant une fonction d'équilibrage de l'unité de contrôle.

Ce procédé de pilotage peut bien évidemment s'appliquer avantageusement à plusieurs ou à toutes les cellules de la batterie

15 d'accumulateurs.

Si l'on détecte une défaillance sur la ligne électrique reliant une cellule de batterie d'accumulateurs à l'unité de contrôle, on peut également choisir de ne pas « *désactiver* » l'équilibrage de la cellule et d'avertir seulement un utilisateur de la batterie d'accumulateurs.

L'invention concerne ainsi un procédé d'alerte sur l'état d'une ligne électrique reliant une cellule d'une batterie d'accumulateurs à une unité de contrôle de ladite batterie d'accumulateurs, ladite ligne électrique comprenant une première branche électrique connectant une borne positive de ladite cellule à une première borne d'entrée de ladite unité de contrôle et une deuxième branche

20 électrique connectant une borne négative de ladite cellule à une deuxième borne d'entrée de ladite unité de contrôle, ledit procédé d'alerte comportant :

25

- une étape de détermination de l'état de ladite ligne électrique en utilisant un procédé de détermination tel que précité; et
 - une étape d'émission d'un signal d'alerte si la valeur de résistance
- 30 de ligne est supérieure à ladite valeur seuil de résistance électrique.

L'invention propose par ailleurs une unité de contrôle des états de charge d'une pluralité de cellules d'une batterie d'accumulateurs, chaque cellule étant reliée à ladite unité de contrôle par une ligne électrique comprenant une première branche électrique connectant une borne positive de ladite cellule à une

première borne d'entrée de ladite unité de contrôle et une deuxième branche électrique connectant une borne négative de ladite cellule à une deuxième borne d'entrée de ladite unité de contrôle, ladite unité de contrôle étant conçue pour :

- calculer une valeur de résistance de ligne de chaque ligne électrique ;
- déterminer l'état desdites lignes électriques en fonction desdites valeurs de résistance de ligne calculées.

L'unité de contrôle de l'invention peut par exemple comprendre un circuit électronique intégré dédié (« *application-specific standard product* » ou ASSP en anglais) spécialement conçu pour :

- mettre en circuit ouvert un circuit associé à chacune des cellules électriques de la batterie d'accumulateurs, en ouvrant le circuit entre chaque première et deuxième borne d'entrée associée à ladite cellule ;
- mettre en circuit fermé un circuit associé à chacune de ces mêmes cellules électriques de sorte que chaque première et deuxième borne d'entrée de l'unité sont reliées l'une à l'autre au travers d'une branche électrique purement résistive en régime stationnaire, la résistance de cette branche étant connue et fixée ;
- mesurer des valeurs de tension électrique entre chaque première borne d'entrée et chaque deuxième borne d'entrée, en circuit ouvert ou fermé selon les conditions décrites juste ci-dessus ; et
- calculer, en fonction des valeurs mesurées et de la connaissance préalable de la résistance connue, la résistance de ligne de chaque ligne électrique associée à une cellule de la batterie d'accumulateurs.

L'invention propose enfin un système pour véhicule automobile électrique ou hybride comportant :

- une batterie d'accumulateurs comprenant une pluralité de cellules électriques ; et
- une unité de contrôle telle que précitée.

L'invention propose également un véhicule automobile électrique ou hybride comportant :

- un système tel que précité ; et
- un moteur électrique alimenté en courant par ladite batterie d'accumulateurs dudit système.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN EXEMPLE DE REALISATION

La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

5 Sur les dessins annexés :

- la figure 1 est une vue schématique d'une batterie d'accumulateurs et d'une unité de contrôle de cette batterie ;
- la figure 2 est un schéma électrique équivalent en régime statique d'une cellule de la batterie de la figure 1 reliée à une carte de circuit imprimé de
10 l'unité de la figure 1 ; et
- la figure 3 est un diagramme schématique d'un procédé de détermination conforme à l'invention.

Afin de rendre la description plus concrète et plus facile à appréhender pour le lecteur, on décrira ci-après en référence aux figures 1 à 3 un exemple
15 particulier de réalisation de l'invention dans le domaine automobile, en particulier pour la gestion électrique par une unité de contrôle 300 d'une batterie d'accumulateurs 100 (voir figure 1) équipant un véhicule automobile électrique ou hybride.

Toutefois, les procédés et produits de l'invention décrits ci-après ne sont
20 nullement limités à ce type d'applications et pourraient tout aussi bien être mis en œuvre ou utilisés avec une batterie d'accumulateurs dans un autre domaine technique (par ex. : éclairage, alimentation électronique, chauffage ou climatisation, etc...).

Le véhicule automobile, qui n'a pas été ici représenté, comporte :

- 25 - un système comprenant ladite batterie d'accumulateurs 100 (désignée « *batterie 100* » dans la suite de la description) et ladite unité de contrôle 300 de ladite batterie 100 adaptée à contrôler et à commander les états de charge d'une pluralité de cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 électriques de la batterie 100 ; et
- 30 - un moteur électrique conçu pour propulser ledit véhicule automobile lorsqu'il est alimenté en courant I_{HV} (voir fig. 1) par la batterie 100 dudit système et des moyens de recharge de la batterie 100.

Ces moyens de recharge de la batterie 100 comportent ici un simple chargeur électrique qui est adapté à être raccordé, d'un côté, aux bornes d'une

prise électrique d'un réseau d'électricité domestique, et, de l'autre côté, aux bornes positive 101 et négative 102 de la batterie 100.

Alternativement, ou additionnellement, les moyens de recharge pourraient également comporter des moyens de freinage récupératifs, permettant
5 de récupérer l'énergie générée par le freinage du véhicule automobile afin de recharger la batterie d'accumulateurs 10.

La batterie 100 est ici une batterie dite « *de traction* » destinée à alimenter en courant I_{HV} (voir fig. 1) le moteur électrique et divers organes auxiliaires connectés au réseau électrique du véhicule.

10 Elle comporte classiquement un boîtier de stockage (non représenté) duquel émergent la borne positive 101 et la borne négative 102.

Ce boîtier de stockage loge la pluralité de cellules électriques 110, 120, 130, 140, 150, 160, dont les tensions nominales et le nombre sont calculés de telle sorte que le moteur électrique puisse développer un couple (mesuré en
15 newtons mètre ou N.m) et/ou une puissance (mesurée en watts ou en chevaux-vapeurs) suffisants pour propulser le véhicule automobile pendant une durée ou sur une distance prédéterminée.

Typiquement, on utilisera de 100 à 200 cellules connectées de manière que la tension aux bornes positive 101 et négative 102 de la batterie 100 soit de
20 l'ordre de 400 volts (V) et de capacité suffisante.

Chaque cellule présente habituellement une tension nominale à ses bornes de l'ordre de 2 à 5 V. Ici, les cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 sont de type lithium-ion (Li-Ion) et présentent chacune une tension nominale d'environ 3,7 V lorsqu'elles sont complètement chargées.

25 Ainsi, dans l'exemple de la figure 1, la batterie 100 comporte 108 cellules Li-Ion simples montées en série mais, pour la clarté des dessins, on a seulement représenté sur les figures six de ces cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 :

- les deux premières cellules 150, 160 : cellules de rang n°1 et n°2 ;
- les deux dernières cellules 110, 120 : cellules de rang n°107 et
30 n°108 ; et
- les cellules 130, 140 : cellules de rang n°3 et n°106 (représentées partiellement en pointillés sur la figure 1).

En pratique, en début de cycle d'utilisation, les différentes cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 individuelles de la batterie 100 de traction ne présentent

pas toutes les mêmes états de charge : on parle alors de « problème d'équilibrage des cellules ».

Ceci est dû au fait que les différentes cellules ne sont pas toutes rigoureusement identiques (leurs capacités et leurs résistances internes ne sont pas exactement égales à leur sortie d'usine), et n'évoluent pas de la même façon dans le temps, *i.e.* elles ne se déchargent pas toutes de la même façon (dispersion d'auto-décharge). De plus, les différentes cellules sont placées dans le boîtier de la batterie 100 en des zones plus ou moins bien refroidies ou ventilées, les températures environnantes de chaque cellule étant différentes.

Ainsi, certaines des cellules de la batterie de traction subissent des contraintes plus grandes que d'autres, ce qui réduit la capacité globale de la batterie de traction, ainsi que sa durée de vie.

Comme représentée sur la figure 1, chaque cellule 110, 120, 130, 140, 150, 160 de la batterie 100 comporte une borne positive 111, 121, 131, 151, 161 et une borne négative 112, 122, 142, 152, 162 (la borne négative de la cellule 130 et la borne positive de la cellule 140 ne sont pas visibles sur la figure 1).

Les cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 de la batterie 100 étant montées en série, la borne positive de la cellule de rang $\underline{n}$ ($\underline{n} = 1..N-1$, avec ici $N = 108$), par exemple la borne 121 de la cellule 120 (de rang n°107) est commune avec la borne négative de la cellule adjacente de rang $\underline{n}+1$, ici la borne négative 112 de la cellule 110 (de rang n°108).

De plus, la borne positive 111 de la cellule 110 (de rang n°108) est commune et électriquement connectée avec la borne positive 101 de la batterie 100. De la même manière, la borne négative 162 de la cellule 160 (de rang n°1) est commune et électriquement connectée avec la borne négative 102 de la batterie 100.

Afin de surveiller et d'égaliser les états de charge électrique de l'ensemble des cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 électriques de la batterie 100 d'accumulateurs, il est donc prévu une unité de contrôle 300 (désignée « *unité 300* » dans la suite de la description) de ces états de charge.

De manière générale, cette unité 300 fonctionne comme un système électronique de gestion de la batterie 100 (« *battery management system* » ou *BMS* en anglais) dont les fonctions principales sont de :

- déterminer les tensions électriques (notées ci-après $V_{\text{cell},1}$, $V_{\text{cell},2}$, ...,

$V_{\text{cell},n}$, , $V_{\text{cell},108}$; voir fig. 2 pour la tension $V_{\text{cell},n}$) aux bornes des différentes cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 et/ou la tension totale U_{BAT} entre la borne positive 101 et la borne négative 102 de la batterie 100 ;

- déterminer indépendamment les états de charge (« *states of charge* » ou SoC en anglais) de chaque cellule 110, 120, 130, 140, 150, 160 ;
- déterminer le courant total I_{HV} débité par la batterie 100 en direction du moteur électrique ;
- déterminer une température moyenne T_{BAT} de la batterie 100 ou bien des températures individuelles $T_{\text{cell},n}$ ($n = 1..N$) de chacune des cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 de la batterie 100.

L'unité 300 permet également d'équilibrer les niveaux des capacités électriques de chaque cellule 110, 120, 130, 140, 150, 160.

L'équilibrage des cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 peut être actif ou passif.

- 15 Dans le cas de l'équilibrage *actif*, l'unité de contrôle prend une partie de l'énergie stockée par la cellule ou les cellules les plus chargées pour la donner à la ou aux cellules les moins chargées. Il y a donc un véritable transfert de charge effectif entre les différentes cellules électriques.

- 20 Dans le cas de l'équilibrage *passif*, l'unité de contrôle prend une partie de l'énergie stockée dans la ou les cellules les plus chargées pour la dissiper, généralement sous forme de chaleur. En pratique, la charge excédentaire des cellules les plus chargées est simplement évacuée par effet Joule dans des résistances électriques de l'unité.

- 25 Ici, sans que cela soit limitatif, on se placera dans le cas d'une unité 300 destinée à réaliser l'équilibrage passif des cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 de la batterie 100. On détaillera dans la suite de la description quels sont les moyens mis en œuvre au sein de l'unité 300 pour réaliser cet équilibrage de cellules.

- 30 Afin que l'unité 300 puisse réaliser l'équilibrage des états de charge électrique des cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160, chaque cellule 110, 120, 130, 140, 150, 160 de la batterie 100 est reliée à l'unité 300 par une ligne électrique.

Par « *cellule reliée à l'unité 300 par une ligne électrique* », on comprend à la lumière de la figure 1 que chaque ligne électrique peut se diviser en :

- une première branche électrique 201, 202, 203, 204, 205 connectant

la borne positive 111, 121, 131, 151, 161 de la cellule 110, 120, 130, 150, 160 considérée à une première borne d'entrée 301, 302, 303, 304, 305 de l'unité 300 ; et

- une deuxième branche électrique 202, 203, 204, 205, 206 connectant la borne négative 112, 122, 142, 152, 162 de la cellule 110, 120, 140, 150, 160 considérée à une deuxième borne d'entrée 302, 303, 304, 305, 306 de l'unité 300.

Comme pour les bornes des cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160, on remarquera que la première branche électrique reliant une cellule de rang $\underline{n}$ à l'unité 300 est également la deuxième branche électrique reliant la cellule adjacente supérieure (de rang $\underline{n}+1$) à l'unité 300.

Par exemple, la première branche 202 de la 107^{ème} ligne électrique qui connecte la borne positive 121 de la cellule 120 (de rang n°107) à l'unité 300 est également la deuxième branche électrique (référéncée également 202) de la 108^{ème} ligne électrique qui connecte la borne négative 112 (borne commune avec la cellule 120) de la cellule 110 (de rang n°108).

Il y a donc autant de lignes électriques que de cellules électriques et chaque ligne électrique (dite « de rang $\underline{n}$ » par la suite) est associée à une cellule électrique (de rang $\underline{n}$) particulière.

En d'autres termes, deux lignes électriques adjacentes associées à deux cellules adjacentes de rangs voisins ($\underline{n}$ et $\underline{n}+1$ ou $\underline{n}$ et $\underline{n}-1$ par exemple) ayant une borne (positive ou négative) en commun partagent ensemble une (première ou deuxième) branche électrique qui connecte ladite borne commune à une (première ou deuxième) borne d'entrée de l'unité 300.

On observera que les « *lignes électriques* » décrites ici sont pour le moins fictives, en ce sens qu'elles ne se résument pas (comme pourrait le laisser croire la figure 1) chacune à un simple fil électrique reliant les bornes positive et négative d'une cellule de batterie à deux bornes d'entrée de l'unité de contrôle.

En effet, on entend plutôt ici par « *ligne électrique* », tout moyen électrique permettant la circulation et l'acheminement d'un courant électrique entre l'unité 300 et la cellule 110, 120, 130, 140, 150, 160 associée à cette ligne.

Une ligne électrique au sens de l'invention est donc plutôt un modèle électrique destiné à rendre compte de l'existence de câbles, fils, raccords, connecteurs, fusibles, soudures, ou pistes conductrices entre une cellule 110, 120,

130, 140, 150, 160 et l'unité 300.

Chaque ligne électrique présente un état qui est susceptible d'évoluer dans le temps et d'affecter les résultats des mesures effectuées par l'unité 300 (et donc d'affecter également le processus d'équilibrage des cellules).

5 Selon l'invention, cet état est évalué à l'aide d'un paramètre appelé « résistance de ligne », et qui correspond globalement à la résistance électrique de la ligne électrique considérée.

Afin de mieux comprendre comment on peut calculer les valeurs de résistance de ligne, on a représenté sur la figure 2, le schéma électrique équivalent en régime statique de la *n*-ième cellule électrique 120 (ici cellule de
10 rang $\underline{n}$ = 107) connectée à l'unité 300 par la *n*-ième ligne électrique (ligne de rang $\underline{n}$), qui comprend la première branche électrique 202 entre la borne positive 121 de la cellule 120 et la borne d'entrée 302 de l'unité 300 et la deuxième branche électrique 203 entre la borne négative 122 de la cellule 120 et
15 la borne d'entrée 303 de l'unité 300.

En régime statique, la ligne électrique de rang $\underline{n}$ est ainsi modélisée par (voir figure 2 pour la ligne de rang $n^{\circ}107$) :

- une résistance électrique équivalente RL_n sur la première
branche 202 de ladite ligne électrique ; et
- 20 - une résistance électrique équivalente RL_{n-1} sur la deuxième
branche 203 de ladite ligne électrique.

Comme représentée sur la figure 1, l'unité 300 comporte ici un microcontrôleur 330 destinée à interagir avec une carte 310 de circuit imprimé au moyen de deux bus électriques :

- 25 - un premier bus 321 électrique allant du microcontrôleur 330 vers la
carte 310 ; et
- un deuxième bus 322 électrique allant de la carte 310 vers le
microcontrôleur 330.

Ce microcontrôleur 330 peut avantageusement être l'unité de contrôle
30 électronique (*i.e.* l'ordinateur de bord) du véhicule automobile et comporter :

- un microprocesseur (CPU) ;
- une mémoire vive (RAM) ;
- une mémoire morte (ROM) ;
- des convertisseurs analogiques-numériques (ADC) ou des

convertisseurs numériques-analogiques (DAC) ; et

- différentes interfaces d'entrée et de sortie.

Le micro-processeur est apte à exécuter différents programmes mémorisés dans la mémoire morte.

- 5 Les interfaces d'entrées quant à elles permettent au microcontrôleur 330 d'acquérir des données relatives au moteur électrique, au chargeur et aux cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 de la batterie 100 de traction *via* le deuxième bus 322 notamment, en vue de les stocker dans la mémoire vive.

- 10 Les interfaces de sortie permettent au microcontrôleur 330 de piloter, *via* le premier bus 321, un circuit intégré 340 (voir figure 2) de la carte 310 de circuit imprimé.

Ce circuit intégré 340 est destiné à mesurer les tensions $V_{m,n}$ (voir fig. 2) entre :

- une première broche de mesure 341 du circuit intégré 340 raccordée 15 *via* une résistance de charge R_c (tension $V_{Rc,n}$, courant I_{c_n}) à la première borne d'entrée 302 de l'unité 300 ; et
- une deuxième broche de mesure 344 du circuit intégré 340 raccordée *via* une résistance de charge R_c (tension $V_{Rc,n-1}$, courant $I_{c_{n-1}}$) à la deuxième borne d'entrée 303 de l'unité 300.

- 20 Ces deux broches de mesure 341, 344 sont donc associées, au travers des résistances de charge, à une ligne électrique 202, 203 reliant une cellule 120 de la batterie 100 à l'unité 300.

- 25 Le circuit intégré 340 peut être par exemple un circuit intégré commercialisé par la société Maxim Integrated dans la gamme de produits MAX17823 ou MAX1785x, ou bien tout autre circuit ASSP suivant la même architecture.

- 30 Par ailleurs, le circuit intégré 340 possède, pour chaque ligne électrique 202, 203, un transistor 345 (voir fig. 2), qui est piloté par le micro-contrôleur 330 *via* le premier bus 321 (cf. flèche pointant sur le transistor 345 de la figure 2) et qui est connecté entre une première broche d'équilibrage 342 et une deuxième broche d'équilibrage 343 et présentant en régime statique :

- un état passant dans lequel il est équivalent à une résistance R_{sw} ; et
- un état bloquant dans lequel il est équivalent à un circuit ouvert

(courant nul entre les deux broches d'équilibrage).

Le micro-contrôleur 330 est également programmé pour maintenir, *via* la carte 310 de circuit imprimé, les états de charge des différentes cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 au même niveau, afin d'éviter tout déséquilibre entre les cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 qui serait néfaste à la durée de vie de la batterie 100 et pour l'autonomie du véhicule.

Pour cela, le micro-contrôleur 330 pilote, en fonction des tensions $V_{m,1}$, $V_{m,2}$, ..., $V_{m,n}$, ..., $V_{m,N}$ mesurées entre chaque paire de broches de mesure, les transistors (par ex. le transistor 345) associés aux lignes électriques (par ex. la ligne électrique formée des deux branches 202, 203) pour :

- mettre un ou plusieurs transistors dans l'état bloquant : équilibrage désactivé (équilibrage « OFF ») pour ces transistors ;
- mettre un ou plusieurs transistors dans l'état passant : équilibrage activé (équilibrage « ON ») pour ces transistors.

Lorsque l'équilibrage est activé pour une cellule 120, *i.e.* pour une ligne électrique (par ex. pour la ligne électrique 202, 203 de la figure 2), une partie de la charge de la cellule (ici la cellule 120 de la figure 2) est dissipée, entre les deux bornes d'entrée 302, 303 de l'unité 300, au travers de deux résistances électriques d'équilibrage R_{bal} (qui sont ici égales mais qui pourraient être différentes) placées chacune sur une branche d'équilibrage 312, 313, entre la première borne d'entrée 302 et la première broche d'équilibrage 342, et entre la deuxième borne d'entrée 303 et la deuxième broche d'équilibrage 343.

L'un des objectifs de l'invention est de déterminer la résistance électrique (en ohms) de chaque ligne électrique du système, ci-après désignée « *résistance de ligne* » et notée $R_{l,1}$, $R_{l,2}$, ..., $R_{l,n}$, ..., $R_{l,N}$.

Cette détermination des résistances de ligne des lignes électriques reliant les cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 à l'unité 300 peut avantageusement être utilisée afin de déclencher une alerte si la valeur mesurée est trop importante par rapport à un seuil calibrable.

Cette détermination peut également servir pour désactiver les diagnostics utilisant la fonction d'équilibrage dans leur surveillance qui seraient mis en défaut.

La détermination des résistances de ligne $R_{l,1}$, $R_{l,2}$, ..., $R_{l,n}$, ..., $R_{l,N}$ permet également de corriger les valeurs $V_{cell,1}$, $V_{cell,2}$, ..., $V_{cell,n}$, ..., $V_{cell,N}$ de

tension électrique aux bornes des cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 qui sont mesurées par l'unité 300 lors de la charge ou de la décharge d'une ou plusieurs cellules 110, 120, 130, 140, 150, 160 de la batterie 100.

La valeur de la résistance de ligne peut en outre servir comme valeur de
5 référence en début de cycle d'utilisation de la batterie afin de recalibrer les modèles de compensation d'équilibrage de tension lorsqu'on utilise cette méthode. En effet, en cycle nominal d'utilisation, si l'on choisit d'activer l'équilibrage en même temps que la mesure de tension, les chutes de tensions le long des lignes électriques ne sont pas négligeables vis-à-vis des précisions de mesure de la tension aux bornes
10 des cellules et nécessitent d'être compensées. Pour cela, il faut connaître précisément les valeurs de résistance de ligne de chaque ligne afin de reconstruire ces tensions.

Chaque ligne électrique étant formée de deux branches électriques 201, 202, 203, 204, 205, 206, la valeur $R_{l,n}$ de résistance de ligne de la ligne électrique
15 de rang n est égale à la résistance, soit : $R_{l,n} = R_{L_n} + R_{L_{n-1}}$.

On va maintenant présenter en référence à la figure 3 un procédé de détermination permettant de déterminer justement les valeurs des résistances de ligne en question, et d'en déduire l'état de chaque ligne électrique.

Ce procédé est mis en œuvre par l'unité 300, et plus précisément par le
20 micro-contrôleur 330 de ladite unité 300.

Cette unité 300 de contrôle est ainsi conçue pour :

- calculer une valeur $R_{l,n}$ de résistance de ligne de chaque ligne électrique 201-202, 202-203, 204-205, 205-206 ; et
- déterminer l'état desdites lignes électriques 201-202, 202-203,
25 204-205, 205-206 en fonction desdites valeurs $R_{l,n}$ de résistance de ligne calculées.

Selon l'invention, pour déterminer l'état d'une ligne électrique, ledit procédé comporte :

- une étape de calcul (bloc B de la figure 3) d'une valeur de résistance
30 de ligne de ladite ligne électrique ; et
- une étape de détermination (bloc C de la figure 3) de l'état de ladite ligne électrique en fonction de cette valeur de résistance de ligne calculée.

Pour la suite de la description, afin d'illustrer le procédé de l'invention, on particularisera la description à la détermination de l'état de la ligne électrique de

rang n (formée par les branches électriques 202 et 203 entre les bornes 121 et 302 et entre les bornes 122 et 303) telle que représentée sur la figure 2 (valeur $R_{l,n} = R_{L,n} + R_{L,n-1}$ de la résistance de ligne, transistor 345 piloté par le micro-contrôleur 330 de l'unité 300).

- 5 Avantageusement, le procédé comporte en outre une étape de mesure (sous-bloc A1 du bloc A de la figure 3) des températures $TL_1, TL_2, \dots, TL_n, \dots, TL_N$ (ci-après désignées « *températures de ligne* ») représentatives de la température environnant les lignes électriques 201-202, 202-203, 204-205, 205-206.

10 En effet, dans tout système électrique, les valeurs de résistances électriques sont fortement dépendantes de la température et il est judicieux de rattacher la mesure d'une résistance de ligne à une valeur de température environnante.

15 Les valeurs $TL_1, TL_2, \dots, TL_n, \dots, TL_N$ de température de ligne sont transférées et stockées dans la mémoire vive du micro-contrôleur 330 de l'unité 300.

 Si l'une des valeurs $TL_1, TL_2, \dots, TL_n, \dots, TL_N$ de température de ligne est inférieure à une valeur seuil de température TL_{min} , alors dans les calculs qui suivent il est nécessaire de tenir compte de la résistance interne de la cellule correspondante.

20 Selon un mode de réalisation préféré, la valeur $R_{l,n}$ de résistance de ligne est calculée en effectuant une première mesure sans équilibrage (équilibrage OFF, transistor 345 bloquant : $I_{bal,n} = 0$ A) puis une deuxième mesure avec équilibrage (équilibrage ON, transistor 345 passant : $I_{bal,n} > 0$ A) de la tension électrique $V_{bal,n}$ (voir fig. 2) entre chaque paire de première et deuxième borne d'entrée 302, 303 de l'unité 300.

 Plus précisément, selon ce mode de réalisation particulier du procédé de détermination de l'invention, l'étape de calcul (bloc B de la figure 3) de la valeur $R_{l,n}$ de résistance de ligne comprend :

- 30 - une première sous-étape de mesure (sous-bloc B1), lorsque la cellule 120 de batterie 100 n'est pas en charge ou en décharge, d'une première valeur $V_{m1,n}$ de tension en circuit ouvert entre la première borne d'entrée 302 et la deuxième borne d'entrée 303 ;
- une sous-étape de fermeture (sous-bloc B2) à un premier instant t_1 , lors de laquelle l'unité 300 connecte la première borne d'entrée 302 et la

deuxième borne d'entrée 303 par une branche électrique résistive (ici formées par les branches d'équilibrage 312, 313 et par la branche passante 342-343 du transistor 345) dont la valeur $R_{bal,n}$ de résistance électrique est prédéterminée ;

- une deuxième sous-étape de mesure (sous-bloc B3), à un deuxième instant de mesure t_2 séparé dudit premier instant de mesure t_1 par une durée Δt comprise entre une durée minimale Δt_{min} et une durée maximale Δt_{max} prédéterminées, d'une deuxième valeur $V_{m2,n}$ de tension en circuit fermé entre la première borne d'entrée 302 et la deuxième borne d'entrée 303 ; et
- une sous-étape d'estimation (sous-bloc B4) de la valeur $R_{l,n}$ de résistance de ligne de cette ligne électrique 202, 203 en fonction de ladite valeur $R_{bal,n}$ de résistance électrique prédéterminée et des première et deuxième valeurs $V_{m1,n}$, $V_{m2,n}$ de tension mesurées.

Nous allons maintenant détailler comment, en pratique, il est possible d'estimer cette valeur $R_{l,n}$ de résistance de ligne à la sous-étape B4, à partir des mesures des sous-étapes B1 et B3.

Sous-étape B1

Lors de cette première sous-étape de mesure, on suppose que l'on est en régime statique et que les relais de puissance de la batterie 10 sont encore ouverts, ce qui garantit une valeur U_{BAT} de tension à vide de la batterie 10 et un courant débité I_{HV} égal à 0 ampère.

De plus, lors de cette sous-étape B1, le transistor 345 de l'unité 300 est commandé par le micro-contrôleur 330 pour être en mode bloquant (équilibrage OFF), de sorte que le circuit électrique entre les deux broches d'équilibrage 342, 343 est ouvert : $I_{bal,n} = 0$ et $I_{c,n} = I_{L,n}$.

On supposera dans la suite que la résistance d'entrée entre les deux broches de mesure 341, 344 est très élevée, *i.e. quasi* infinie par rapport aux deux résistances de charge R_c des deux branches de mesure 311, 314.

Ainsi, lorsque l'équilibrage est désactivé ($I_{bal,n} = 0$), on a la relation : $I_{L,n} = I_{c,n} \approx 0$ A.

En pratique, les valeurs R_c de résistance de charge sont de l'ordre de 1 à 2 k Ω et $I_{c,n}$ est inférieur ou égal à 1 μ A (fixé par le circuit intégré 340 et généralement autour de 200 nA), de sorte que l'erreur de mesure sur la tension $V_{bal,n}$ due au courant traversant les résistances de charge est négligeable par rapport à la valeur $V_{m1,n}$ de tension entre les deux broches de mesure 341,

344.

De cette façon, on peut écrire : $V_{\text{cell},n} = V_{\text{bal},n}$ (car $I_{L,n} \approx 0$ et résistance interne de la cellule très faible) et $V_{\text{bal},n} \approx V_{m1,n}$ (car $I_{c,n} \approx 0$), d'où $V_{m1,n} \approx V_{\text{cell},n}$.

Sous-étape B2

- 5 À un premier instant, noté ci-après t_1 , l'unité 300 enclenche l'équilibrage de la cellule 120 de rang $\underline{n}$ ($\underline{n} = 107$) de sorte que le transistor 345 du circuit imprimé 340 devient passant et équivalent à une résistance électrique de valeur $R_{\text{sw},n}$. (on pourra supposer pour la suite que tous les transistors du circuit
- 10 résistance R_{sw}). La valeur $R_{\text{bal},n}$ de résistance électrique de la branche électrique reliant les deux bornes d'entrée 302, 303 de l'unité 300 est alors telle que : $R_{\text{bal},n} = 2 R_{\text{bal}} + R_{\text{sw}}$. On attend alors jusqu'au deuxième instant t_2 avant la prochaine étape B3.

Sous-étape B3

- 15 Le deuxième instant t_2 est choisi de sorte que l'intervalle de temps $\Delta t = t_2 - t_1$ entre le premier instant t_1 et le deuxième instant t_2 soit compris entre un intervalle minimum Δt_{min} et un intervalle maximum Δt_{max} prédéterminés, respectivement de préférence tels que :

- la deuxième sous-étape de mesure B3 soit réalisée en régime
- 20 électrique statique : t_2 suffisamment éloigné de t_1 pour être en régime statique ; et
- la valeur $V_{\text{cell},n}$ de la tension entre les bornes positive et négative 121, 122 de la cellule 120 ne varie pas de plus de 1% en valeur absolue entre la première et la deuxième sous-étape B1, B3 de mesure : t_2 pas trop
- 25 éloigné de t_1 pour pouvoir négliger (à 1% près) la variation de tension aux bornes de la cellule 120.

En pratique, le régime statique est atteint après quelques dizaines de millisecondes, soit $\Delta t_{\text{min}} =$ de 10 à 50 ms ; et la valeur $V_{\text{cell},n}$ de la tension de cellule ne commence à chuter qu'après quelques minutes, soit $\Delta t_{\text{max}} =$ de 1 à 3 minutes.

- 30 Une fois le transistor 345 mis en mode passant et le régime statique établi, on mesure au deuxième instant t_2 la tension $V_{m2,n}$ entre les deux broches de mesure 341, 344 du circuit intégré 340.

Sous-étape B4

À l'issue des deux sous-étapes de mesure B1 et B3, on connaît les valeurs $V_{m1,n}$ et $V_{m2,n}$ entre les deux broches de mesure 341, 344 du circuit

intégré 340, lorsque l'équilibrage est désactivé ($I_{bal,n} = 0$ A) et lorsqu'il est activé ($I_{bal,n} > 0$ A).

Ces deux valeurs sont transmises *via* le deuxième bus 322 de l'unité 300 au micro-contrôleur 330 qui va calculer grâce à elles la valeur $R_{l,n}$ de résistance de
5 ligne.

On a les relations suivantes pour les valeurs de tension électrique de la figure 2 :

$$(a) V_{cell,n} = V_{bal,n} + V_{RLn} + V_{RLn-1} = V_{bal,n} + (R_{Ln} + R_{Ln-1}) * I_{Ln} = V_{bal,n} + R_{l,n} * I_{Ln}$$

$$(b) V_{m2,n} \approx V_{bal,n}$$

$$10 \quad (c) V_{bal,n} = R_{bal,n} * I_{bal,n} = (2 * R_{bal} + R_{sw,n}) * I_{Ln}$$

En combinant les trois relations (a), (b), et (c) ci-dessus avec la relation $V_{m1,n} = V_{cell,n}$ (voir sous-étape B1 ci-dessus), on obtient alors $R_{l,n} = (V_{m1,n} - V_{m2,n}) / I_{Ln}$, soit encore : $R_{l,n} = (2 * R_{bal} + R_{sw,n}) * [(V_{m1,n} / V_{m2,n}) - 1]$.

Le micro-contrôleur 330 utilise la formule précédente pour estimer la
15 résistance de ligne. Le micro-processeur du micro-contrôleur 330 est programmé pour effectuer le calcul selon la formule précédente pour toutes les lignes électriques.

Avantageusement, le micro-contrôleur 330 est programmé pour, dans une première phase, piloter uniquement les transistors du circuit intégré 340
20 associés à une ligne électrique de rang impair pour calculer la résistance de ligne de ces lignes de rang impair ; les transistors associés aux lignes électriques de rang pair étant maintenus à l'état bloquant. Ceci permet de réaliser des mesures découplées sur les cellules de rang impair et les cellules de rang pair.

Dans cette première phase, seules les valeurs $R_{l,n}$ (avec $\underline{n} = 2 * \underline{k} + 1$, $k=0, 1, 2, \dots, \text{Ent}(N/2)-1$) des résistances de ligne des lignes électriques de rang impair
25 sont donc calculées.

Dans une deuxième phase, le micro-contrôleur 330 est programmé pour piloter les transistors du circuit intégré 340 associés aux lignes électriques de rang pair pour calculer les valeurs de la résistance de ligne de ces lignes de rang pair.

30 À l'issue de l'étape B de calcul, l'unité 300 possède dans la mémoire vive du micro-contrôleur 330 :

- les valeurs $TL_1, TL_2, \dots, TL_n, \dots, TL_N$ de la température représentative de chaque ligne électrique ; et
- les valeurs $R_{l,1}, R_{l,2}, \dots, R_{l,n}, \dots, R_{l,N}$ de la résistance de ligne de

chaque ligne électrique.

Lors de l'étape C de détermination (voir figure 3), on détermine l'état de chaque ligne électrique en fonction des valeurs $R_{l,1}$, $R_{l,2}, \dots$, $R_{l,n}, \dots$, $R_{l,N}$ de la résistance de ligne de chaque ligne électrique.

- 5 Dans un mode de réalisation préféré, l'étape C de détermination comporte une sous-étape de comparaison (sous-bloc C1 de la figure 3), lors de laquelle l'unité 300, et plus précisément le micro-processeur du micro-contrôleur 330, compare la valeur $R_{l,n}$ de résistance électrique de chaque ligne électrique avec une valeur seuil $RL_{\max}$ de résistance électrique
- 10 prédéterminée.

De préférence, la valeur seuil $RL_{\max,n}$ de résistance électrique de la ligne électrique de rang $\underline{n}$ est prédéterminée (sous-bloc A2 du bloc A de la figure 1) en fonction de la température TL_n représentative de cette ligne électrique.

- Si la comparaison précédente montre que la valeur $R_{l,n}$ de résistance de
- 15 ligne de la ligne électrique de rang $\underline{n}$ est inférieure à la valeur seuil $RL_{\max,n}$ (cas du sous-bloc C2 de la figure 3), alors l'unité 300 considère que la ligne électrique de rang $\underline{n}$ présente un état normal de fonctionnement.

- À l'inverse, si la comparaison précédente montre que la valeur $R_{l,n}$ de résistance de ligne de la ligne électrique de rang $\underline{n}$ est supérieure à la valeur
- 20 seuil $RL_{\max,n}$ (cas du sous-bloc C3 de la figure 3), alors l'unité 300 considère que la ligne électrique de rang $\underline{n}$ présente un état anormal de fonctionnement et qu'un défaut d'impédance de ligne a été détectée sur cette ligne électrique de rang $\underline{n}$.

- Dans ce cas, on peut prévoir que l'unité 300 pilote le circuit intégré 340 de manière à désactiver les fonctions de diagnostic impactées par le changement
- 25 de la valeur de la résistance de ligne de la ligne électrique défectueuse.

On peut également prévoir d'émettre un signal d'alerte si la valeur $R_{l,n}$ de résistance de ligne est supérieure à ladite valeur seuil $RL_{\max,n}$ de résistance électrique pour la température TL_n considérée

- La présente invention n'est nullement limitée au mode de réalisation
- 30 décrit et représenté, mais l'homme du métier saura y apporter toute variante conforme à son esprit.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination de l'état d'une ligne électrique reliant une cellule (110, 120, 130, 140, 150, 160) d'une batterie d'accumulateurs (100) à une
- 5 unité de contrôle (300) de ladite batterie d'accumulateurs (100), ladite ligne électrique comprenant une première branche électrique (201, 202, 203, 204, 205) connectant une borne positive (111, 121, 131, 151, 161) de ladite cellule (110, 120, 130, 150, 160) à une première borne d'entrée (301, 302, 303, 304, 305) de ladite unité de contrôle (300) et une deuxième branche électrique (202, 203, 204,
- 10 205, 206) connectant une borne négative (112, 122, 142, 152, 162) de ladite cellule (110, 120, 140, 150, 160) à une deuxième borne d'entrée (302, 303, 304, 305, 306) de ladite unité de contrôle (300), ledit procédé comportant :
- une étape de calcul (B) d'une valeur ($R_{l,n}$) de résistance de ligne de ladite ligne électrique (201, 202, 203, 204, 205, 206) ; et
 - 15 - une étape de détermination (C) de l'état de ladite ligne électrique (201, 202, 203, 204, 205, 206) en fonction de ladite valeur ($R_{l,n}$) de résistance de ligne calculée.
2. Procédé selon la revendication 1, selon lequel ladite étape de calcul (B) de la valeur ($R_{l,n}$) de résistance de ligne comprend :
- 20 - une première sous-étape de mesure (B1), lorsque ladite cellule de batterie d'accumulateurs (100) n'est pas en charge ou en décharge, d'une première valeur ($V_{m1,n}$) de tension en circuit ouvert entre lesdites première et deuxième bornes d'entrée (301, 302, 303, 304, 305, 306) ;
- une sous-étape de fermeture (B2), à un premier instant (t_1), au cours
 - 25 de laquelle l'unité de contrôle (300) connecte lesdites première et deuxième bornes d'entrée (301, 302, 303, 304, 305, 306) par une branche électrique résistive (312, 313, 342-343) dont la valeur ($R_{bal,n}$) de résistance électrique est prédéterminée ;
 - une deuxième sous-étape de mesure (B3), à un deuxième instant (t_2)
 - 30 séparé dudit premier instant (t_1) par une durée (Δt) comprise entre une durée minimale (Δt_{min}) et une durée maximale (Δt_{max}) prédéterminées, d'une deuxième valeur ($V_{m2,n}$) de tension en circuit fermé entre lesdites première et deuxième bornes d'entrée (301, 302, 303, 304, 305, 306) ; et
 - une sous-étape d'estimation (B4) de ladite valeur ($R_{l,n}$) de résistance

de ligne de ladite ligne électrique (201, 202, 203, 204, 205, 206) en fonction de ladite valeur ($R_{bal,n}$) de résistance électrique prédéterminée et desdites première et deuxième valeurs ($V_{m1,n}$, $V_{m2,n}$) de tension mesurées.

3. Procédé selon la revendication 2, selon lequel :

5 - ladite durée minimale (Δt_{min}) est prédéterminée pour que ladite deuxième sous-étape de mesure (B3) soit réalisée en régime électrique statique ; et

- ladite durée maximale (Δt_{max}) est prédéterminée de telle sorte que la valeur ($V_{cell,n}$) de tension entre lesdites bornes positive et négative (111, 112, 121, 122, 131, 142, 151, 152, 161, 162) de ladite cellule (110, 120, 130, 140, 150, 160) ne varie pas de plus de 1% en valeur absolue entre la première sous-étape de mesure (B1) et la deuxième sous-étape de mesure (B3).

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, selon lequel, lors de la sous-étape de fermeture (B2), chaque branche électrique résistive (312, 313) est une branche électrique d'équilibrage d'une cellule (120).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, comportant une étape de comparaison (C1) de la valeur ($R_{l,n}$) de résistance de ligne calculée avec une valeur seuil (R_{Lmax}) de résistance électrique, et selon lequel l'état de ladite ligne électrique est déterminé (C2, C3) en fonction du résultat de ladite comparaison (C1).

6. Procédé selon la revendication 5, comportant en outre une étape de mesure (A1) d'une température (TL_n) représentative de la température environnant ladite ligne électrique (21, 22), et selon lequel ladite valeur seuil (R_{Lmax}) de résistance électrique est prédéterminée (A2) en fonction de cette température (TL_n) représentative.

7. Procédé d'alerte sur l'état d'une ligne électrique (201, 202, 203, 204, 205, 206) reliant une cellule (110, 120, 130, 140, 150, 160) d'une batterie d'accumulateurs (100) à une unité de contrôle (300) de ladite batterie d'accumulateurs (100), ladite ligne électrique (201, 202, 203, 204, 205, 206) comprenant une première branche électrique (201, 202, 203, 204, 205) connectant une borne positive (111, 121, 131, 151, 161) de ladite cellule (110, 120, 130, 150, 160) à une première borne d'entrée (301, 302, 303, 304, 305) de ladite unité de contrôle (300) et une deuxième branche électrique (202, 203, 204, 205, 206) connectant une borne négative (112, 122, 142, 152, 162) de ladite

cellule (110, 120, 140, 150, 160) à une deuxième borne d'entrée (302, 303, 304, 305, 306) de ladite unité de contrôle (300), ledit procédé d'alerte comportant :

- une étape de détermination de l'état de ladite ligne électrique (201, 202, 203, 204, 205, 206) en utilisant un procédé de détermination selon l'une des revendications 5 et 6 ; et
- une étape d'émission d'un signal d'alerte si la valeur ($R_{l,n}$) de résistance de ligne est supérieure à ladite valeur seuil ($R_{L_{max},n}$) de résistance électrique.

8. Unité de contrôle (300) des états de charge d'une pluralité de cellules (110, 120, 130, 140, 150, 160) d'une batterie d'accumulateurs (100), chaque cellule (110, 120, 130, 140, 150, 160) étant reliée à ladite unité de contrôle (300) par une ligne électrique (201, 202, 203, 204, 205, 206) comprenant une première branche électrique (201, 202, 203, 204, 205) connectant une borne positive (111, 121, 131, 151, 161) de ladite cellule (110, 120, 130, 150, 160) à une première borne d'entrée (301, 302, 303, 304, 305) de ladite unité de contrôle (300) et une deuxième branche électrique (202, 203, 204, 205, 206) connectant une borne négative (112, 122, 142, 152, 162) de ladite cellule (110, 120, 140, 150, 160) à une deuxième borne d'entrée (302, 303, 304, 305, 306) de ladite unité de contrôle (300), ladite unité de contrôle (30) étant conçue pour :

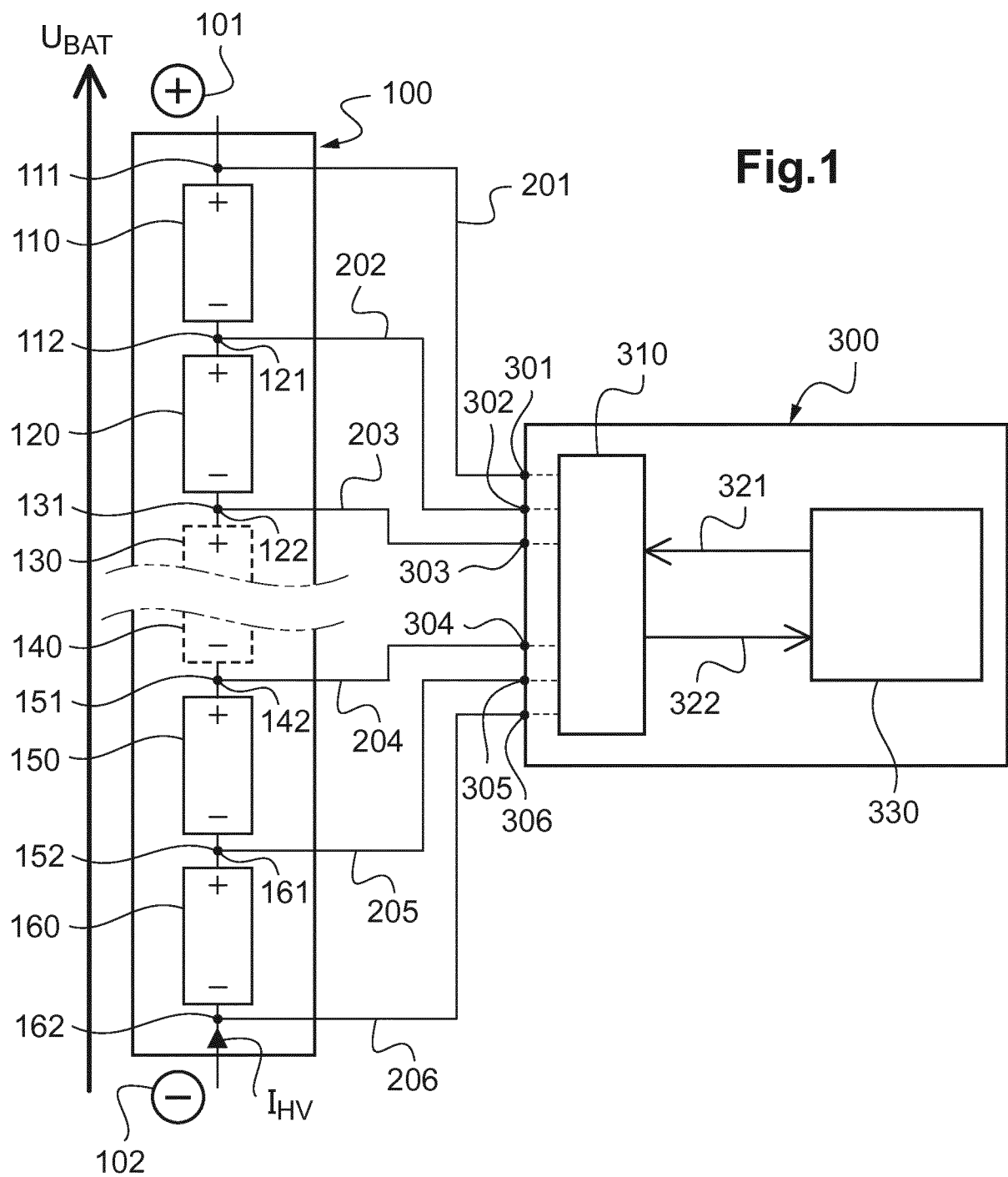
- calculer une valeur ($R_{l,n}$) de résistance de ligne de chaque ligne électrique (201, 202, 203, 204, 205, 206) ;
- déterminer l'état desdites lignes électriques (201, 202, 203, 204, 205, 206) en fonction desdites valeurs ($R_{l,n}$) de résistance de ligne calculées.

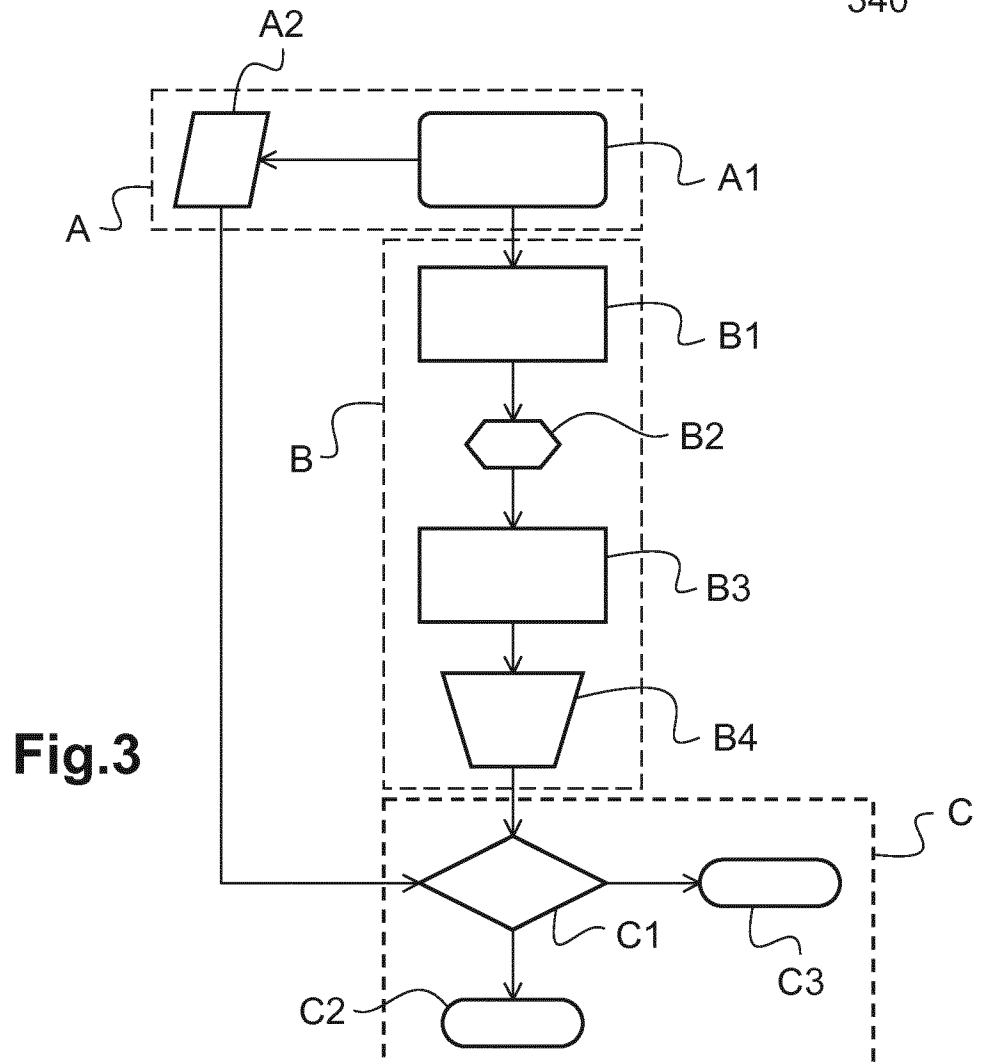
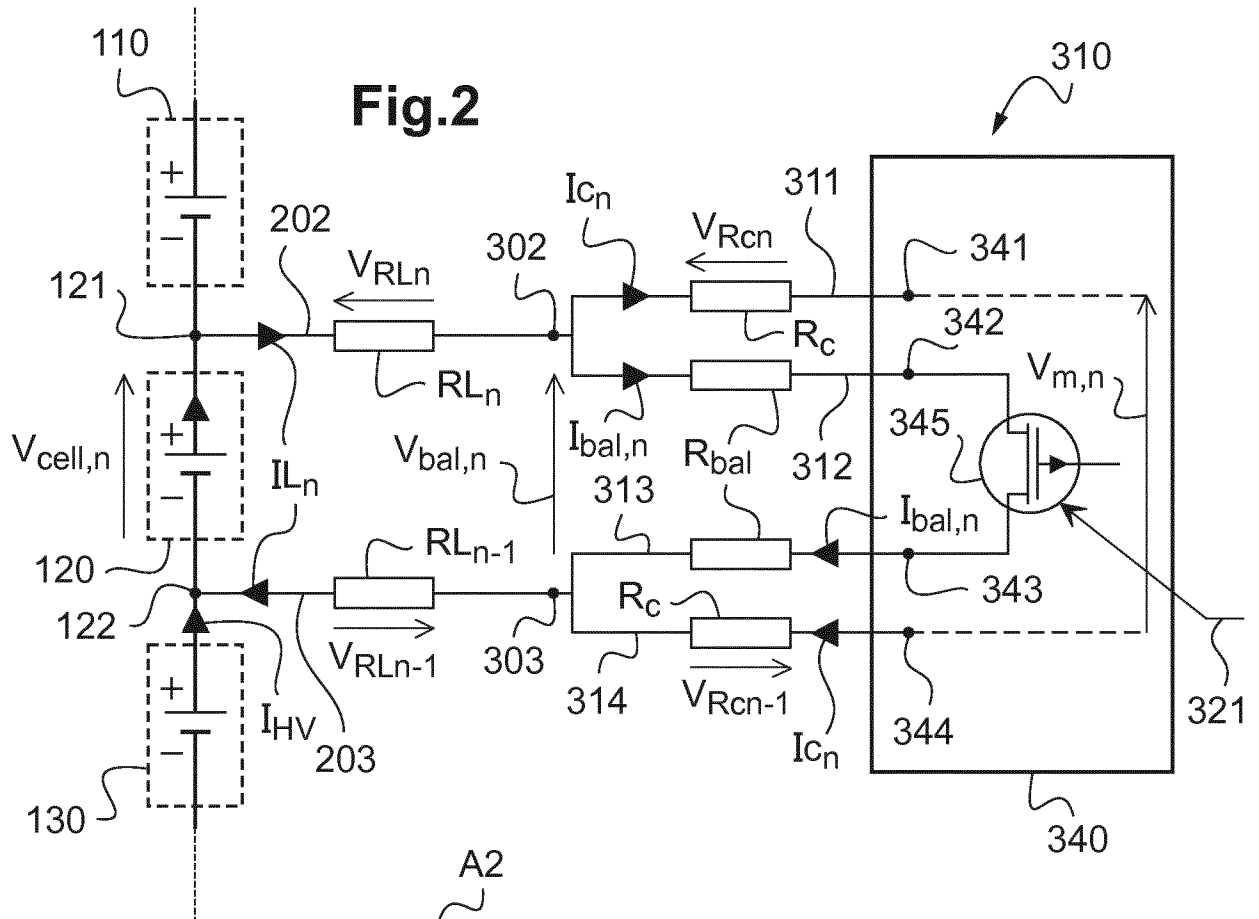
9. Système (100, 300) pour véhicule automobile électrique ou hybride comportant :

- une batterie d'accumulateurs (100) comprenant une pluralité de cellules (110, 120, 130, 140, 150, 160) ; et
- une unité de contrôle (300) de ladite batterie d'accumulateurs (100) conforme à la revendication 8.

10. Véhicule automobile électrique ou hybride comportant :

- un système (100, 300) conforme à la revendication 9 ; et
- un moteur électrique alimenté en courant (I_{HV}) par ladite batterie d'accumulateurs (100) dudit système (100, 300).





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/068565

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01R31/36 G01R31/04 G01R31/02
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2016/061909 A1 (IINO JUNICHI [JP] ET AL) 3 March 2016 (2016-03-03)	1,2,4-10
Y	abstract; figures 1-4 paragraphs [0008] - [0015], [0031] - [0047]	3
Y	----- JP 2014 102127 A (DENSO CORP) 5 June 2014 (2014-06-05) abstract; figures 1-8 paragraphs [0081] - [0087], [0104] - [0112]	3
X	----- US 2015/137824 A1 (NISHIHARA YOSHITOMO [JP]) 21 May 2015 (2015-05-21)	1,7-10
A	abstract; figures 1,7-10 paragraphs [0005] - [0008], [0018], [0053] - [0058] ----- -/-	2-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 October 2018

Date of mailing of the international search report

17/10/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kleiber, Michael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2018/068565

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 98/48290 A1 (GOTAAS EINAR [NO]) 29 October 1998 (1998-10-29) abstract; figures 1-2 page 2, line 23 - page 3, line 29; claim 1 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/068565

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2016061909 A1	03-03-2016	JP 6264231 B2	24-01-2018
		JP 2016050870 A	11-04-2016
		US 2016061909 A1	03-03-2016

JP 2014102127 A	05-06-2014	JP 5974849 B2	23-08-2016
		JP 2014102127 A	05-06-2014

US 2015137824 A1	21-05-2015	JP W02014024452 A1	25-07-2016
		US 2015137824 A1	21-05-2015
		WO 2014024452 A1	13-02-2014

WO 9848290 A1	29-10-1998	AU 7086198 A	13-11-1998
		NO 971841 A	23-10-1998
		WO 9848290 A1	29-10-1998

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2018/068565

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01R31/36 G01R31/04 G01R31/02 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01R		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2016/061909 A1 (IINO JUNICHI [JP] ET AL) 3 mars 2016 (2016-03-03)	1,2,4-10
Y	abrégé; figures 1-4 alinéas [0008] - [0015], [0031] - [0047]	3
Y	JP 2014 102127 A (DENSO CORP) 5 juin 2014 (2014-06-05) abrégé; figures 1-8 alinéas [0081] - [0087], [0104] - [0112]	3
X	US 2015/137824 A1 (NISHIHARA YOSHITOMO [JP]) 21 mai 2015 (2015-05-21)	1,7-10
A	abrégé; figures 1,7-10 alinéas [0005] - [0008], [0018], [0053] - [0058]	2-6
	----- -/-	
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 4 octobre 2018		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 17/10/2018
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Kleiber, Michael

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 98/48290 A1 (GOTAAS EINAR [NO]) 29 octobre 1998 (1998-10-29) abrégé; figures 1-2 page 2, ligne 23 - page 3, ligne 29; revendication 1 -----	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2018/068565

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2016061909 A1	03-03-2016	JP 6264231 B2	24-01-2018
		JP 2016050870 A	11-04-2016
		US 2016061909 A1	03-03-2016

JP 2014102127 A	05-06-2014	JP 5974849 B2	23-08-2016
		JP 2014102127 A	05-06-2014

US 2015137824 A1	21-05-2015	JP W02014024452 A1	25-07-2016
		US 2015137824 A1	21-05-2015
		WO 2014024452 A1	13-02-2014

WO 9848290 A1	29-10-1998	AU 7086198 A	13-11-1998
		NO 971841 A	23-10-1998
		WO 9848290 A1	29-10-1998
